LA FORCE CENTRIPÈTE

On assimile parfois la force de guidage à la force centripète, à tort cependant car ces deux forces ne sont pas de même nature, elles n'ont rien de commun et ne doivent donc pas être confondues.

Mais quelles sont les caractéristiques d'une force centripète ?

Définition

Centripète signifie ‘‘qui rapproche du centre’’. Une force est dite centripète quand son action consiste à rapprocher une masse d'un centre quelconque. Mais où situer exactement ce centre ? En physique, ce terme peut prendre deux significations différentes.

Trouver le centre…

S'agissant d'une masse décrivant une trajectoire circulaire, le centre en question est bien sûr celui du cercle que décrit cette masse.

Dans le cas du virage en automobile, l'action d'une force dite centripète devrait se traduire par une décroissance continue de la longueur du rayon jusqu'à la valeur zéro, la voiture décrivant alors une trajectoire en forme de spirale aboutissant à ce fameux centre. De toute évidence, ce n'est jamais le cas.

Dans une autre acception qui dépasse le cadre du mouvement circulaire, le centre en question désigne un centre de masse, terme qui, en physique, désigne un point virtuel très utile pour la description de certains phénomènes.

Ainsi par exemple, le phénomène de gravitation se résume à une attraction entre deux centres de masse. Cette acception suppose l'existence d'une force agissant à distance.

Or, parmi les quatre forces physiques fondamentales qui font fonctionner l'Univers, il n'en existe que deux qui répondent à ce critère, ce sont la force électromagnétique et la force de gravitation. Leur action peut donc être qualifiée de centripète, mais ce sont les seules.

Seulement deux forces de nature centripète…

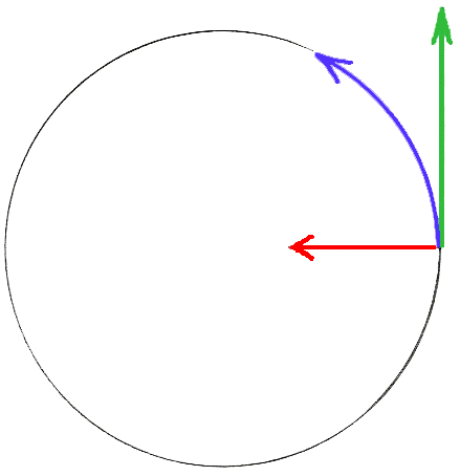
La force électromagnétique agit à distance lors des réactions chimiques. Elle permet à un atome lourd de capturer un ou plusieurs atomes plus légers pour constituer une molécule. Son action est alors centripète.

Ainsi par exemple, lorsque des atomes d'oxygène sont mis en présence d'atomes d'hydrogène, chaque atome d'oxygène attire et capture deux atomes d'hydrogène pour former une molécule d'eau.

La force de gravitation est l'autre force qui agit à distance. Son action est également centripète, d'où son nom.

On peut le vérifier par exemple en laissant tomber un objet au sol. Dans sa chute, l'objet se rapproche du centre de masse de la Terre qui l'attire.

C'est une attraction de même nature qui maintient la Terre en orbite autour du Soleil : la masse du Soleil délivre une force qui dévie la trajectoire de la Terre. Si cette force n'existait pas, la Terre quitterait le système solaire. Et si la vitesse de la Terre était nulle, celle-ci prendrait immédiatement la direction du Soleil.



Représentation schématique de la rotation de la Terre autour du Soleil

La Terre décrit une trajectoire circulaire (flèche bleue) à cause de la force créée par la masse du Soleil (flèche rouge). Cette force, c'est la force centripète. Si elle n'existait pas, la Terre conserverait une trajectoire rectiligne (flèche verte).

Exprimer la force centripète…

Comment exprimer la force centripète ?

La force centripète s'exprime grâce à la relation découverte par Isaac Newton pour expliquer la rotation de la Lune autour de la Terre, puis celle de la Terre autour du Soleil :

$$F = M V^2 / R \ (1)$$

Précisons que cette relation ne peut exprimer que deux forces, et deux seulement : la force centripète, donc, ou, par analogie de raisonnement, la force de guidage (voir dossier ADILCA ‘‘*la force de guidage*’’).

Force centrifuge et force centripète…

On présente souvent la force centrifuge et la force centripète comme deux forces indissociables. Ce raisonnement simpliste repose sur deux confusions, voici lesquelles.

Une première confusion provient de la mauvaise compréhension du troisième principe de Newton, le fameux principe de l’action et de la réaction qui énonce ceci : ‘‘*Toute force s’exerçant sur un corps entraîne une réaction d’égale intensité, mais de sens opposé* (2).’’ Cette réaction existe bien, mais où et comment se manifeste-t-elle ?

Reprenons la description du mouvement dans le système solaire et la relation entre le Soleil et la Terre : le Soleil génère une force qui agit à distance et qui maintient la Terre sur une orbite circulaire. Cette force, c’est la force centripète.

Le principe de réciprocité énoncé par Newton permet de déduire que la Terre attire le Soleil avec une force d’intensité égale à celle qui la maintient sur orbite, mais de sens opposé. Cette force, parfaitement réelle, s’exerce sur le centre de gravité du Soleil, mais sans aucun rapport avec la force centrifuge qui, d’ailleurs, n’a rien à faire dans cette description !

Pourquoi la Terre seule infléchit-elle sa trajectoire, le Soleil restant parfaitement insensible à cette force ? L’explication tient à la masse du Soleil, plus de 300 000 fois supérieure à celle de la Terre. Le rapport des masses étant en sa faveur, le Soleil dicte sa loi, la Terre s’y soumet (3)…

Une deuxième confusion provient de la mauvaise compréhension du concept de force centrifuge. La force centrifuge étant une force imaginaire, elle n’apparaît que dans une description tronquée qui fait abstraction du mouvement réel. De quoi s’agit-il ?

Dans cette description, complètement distincte de la précédente, il faut imaginer que la Terre cesse de tourner autour du Soleil et reste immobile dans l’espace. Soumise à la force de gravitation, la Terre prendrait alors immédiatement la direction du Soleil pour venir s’y fondre, sauf si une force imaginaire, de même intensité mais de sens opposé, venait l’en empêcher !

Cette force imaginaire, c’est la force centrifuge ! Mais la description est tronquée car elle suppose que la Terre cesse de tourner autour du Soleil (4) !

Bref, il est indispensable de distinguer les descriptions, donc de dissocier la force centripète et la force centrifuge : l’une est une force bien réelle, tandis que l’autre n’est qu’une force fictive apparaissant uniquement dans le cadre d’une description imaginaire (voir dossier ADILCA ‘‘*la force centrifuge*’’) !

Trois différences fondamentales…

Revenons sur Terre : la force de guidage, celle que le conducteur d'une automobile sollicite pour négocier un virage (voir le dossier ADILCA ''*force de guidage*''), est-elle de nature centripète ?

Examinons point par point les caractéristiques de la force de guidage :

1. Cette force n'agit pas à distance, c'est une force de contact.

2. Cette force ne s'exerce pas sur le centre de masse de la voiture, mais à la périphérie des pneumatiques des roues directrices.

3. La voiture ne se rapproche jamais du centre de sa trajectoire, elle est seulement déviée d'une trajectoire rectiligne.

Trois raisons fondamentales qui nous permettent de conclure de manière claire, nette et définitive que la force de guidage n'est pas de nature centripète. C.Q.F.D.

Conclusion

Il faut se rendre enfin à l'évidence : en automobile, il n'existe ni force centrifuge, ni force centripète !

(1) *Dans cette relation, la masse doit s'exprimer en* kilogramme *(symbole* **kg***), la vitesse en* mètre par seconde *(symbole* **m.s^{-1}***) et le rayon de trajectoire en* mètre *(symbole* **m***). La dimension obtenue est le* kilogramme mètre par seconde carrée *(symbole* **kg.m.s^{-2}***) qui caractérise l'unité de force, le* newton *(symbole* **N***).*

(2) *Gare au mode d'emploi ! Ce principe ne s'applique qu'à des forces réelles, jamais à des forces fictives. Ce qui signifie que, dans une description imaginaire, il n'y a pas d'interaction. Isaac Newton n'a pas eu besoin de le préciser, les forces fictives étant inconnues à son époque.*

(3) *Masse du Soleil (S) : 2 x 10^{30} kg ; masse de la Terre (T) : 6 x 10^{24} kg ; rapport S/T = 1/3 x 10^{6}.*

(4) *Cette description tronquée est dite ''statique'', par opposition à la description réelle, dite ''dynamique''. Sur les dangers de décliner ce mode de raisonnement à toutes les sauces (ici, cela supposerait la disparition des saisons !), voir le dossier ADILCA ''Cessac & Tréherne''.*

ASSOCIATION ADILCA

www.adilca.com

*** * ***